

SPREMLJANJE PREVOZOV NEVARNIH SNOVI S POMOČJO NAVIGACIJSKEGA SISTEMA GPS

Miha Ušeničnik*

UDK 656.1.07 : 621.396

Na evropskih cestah je promet z nevarnimi snovi vsako leto večji, s tem pa tudi število in hudost nesreč vozil, ki te snovi prevažajo. Posledice nesreč v okolju so velikokrat nepopravljive, stroški sanacije pa praviloma zelo veliki. Potrebujemo nadzor prevozov nevarnih snovi, ki bo omogočal fizično spremljanje vozil, ki te snovi prevažajo ter pravočasno in pravilno ukrepanje ob nesrečah ali drugih nepredvidenih dogodkih.

V podjetju Tegrad smo v sodelovanju s Prometno-tehničnim inštitutom opravili raziskovalno nalogo, s katero smo želeli ugotoviti možnosti gradnje sistema spremljanja prevozov nevarnih snovi v Sloveniji ter ponuditi tehnične rešitve.

Pri zasnovi sistema smo upoštevali:

- V notranjem in tranzitnem prometu se spremljajo vozila s tovarni, ki so klasificirani in označeni po zakonu o prevozu nevarnih snovi; ta se sklicuje na Evropski sporazum o mednarodnem cestnem prevozu nevarnih snovi (ADR).
- Spremljanje prevozov nevarnih snovi (PNS) mora biti na območju Slovenije možno po cestah, ki so za to določene v uradnem listu R Slovenije št. 8/94.
- Sistem spremljanja mora omogočati centraliziran nadzor prevozov nevarnih snovi iz Centra za obveščanje RS (CORS), od koder v primeru nesreče aktivirajo ustrezne enote in službe za zaščito in reševanje.

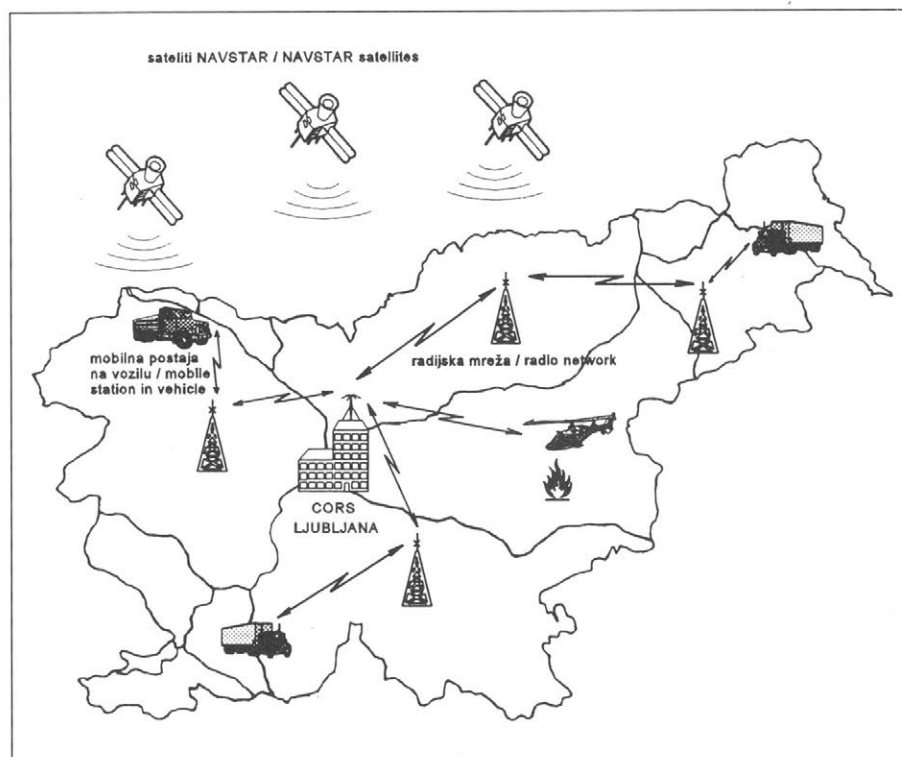
Kako deluje sistem, ki smo ga zasnovali? Na vozilo, ki ga želimo spremljati, namestimo mobilno postajo. Ta sprejema signal NAVSTAR navigacijskih satelitov in izračunava trenutno pozicijo, čas in hitrost vozila. Hkrati modemsko prek javnega telefonskega omrežja sporočimo bazni postaji v Centru za obveščanje Republike Slovenije (CORS) podatke o vrsti in količini nevarne snovi, identifikacijsko številko mobilne postaje in končen cilj vozila. Na podlagi teh podatkov v CORS določijo vozilu optimalno pot, ki jo mora med vožnjo upoštevati.

Mobilna postaja pošilja med vožnjo na zahtevo bazne postaje v CORS prek radijskega sistema navigacijske podatke

(trenutno pozicijo, čas in hitrost vozila), ki se nato grafično prikažejo na računalniškem zaslonu (slika 1). V primeru nesreče vozila ali drugih nepredvidenih dogodkov se na zaslonu pojavi alarmno sporočilo, na podlagi katerega operater alarmira ustrezne enote in službe za zaščito in reševanje.

Mobilna postaja

Mobilna postaja mora ustrezati zelo specifičnim pogojem. Njena pritrditev na vozilo mora biti preprosta in zanesljiva (z magneti na spodnji strani ohišja). Imeti mora detektor, ki odkrije nedovoljeno odstranitev iz vozila in alarmno stikalo, ki ga lahko uporabi voznik v nujnem primeru in z njim avtomatsko alarmira operaterja v CORS. Ohišje mora biti odporno proti vsem vremenskim vplivom in mora omogočati preprosto zamenjavo akumulatorjev. Avtonomija napajanja mora biti najmanj 10 ur, delovanje postaje pa popolnoma samostojno, kar pomeni, da razen ob vklopu in izklopu v nobenem drugem primeru ni potrebno ročno posredovanje. Sestavne dele mobilne postaje predstavlja slika 2. Osnova je procesorska krmilna enota, ki nadzoruje delovanje vseh enot postaje in krmili satelitski GPS sprejemnik. Na zahtevo bazne postaje s pomočjo radijske sprejemno-oddajne enote prek radijskega sistema v CORS oddaja navigacijske podatke. Mobilna postaja te podatke pridobiva na podlagi navigacijskega sistema GPS (Global Positioning System). Ta temelji na sistemu 21 satelitov oddajnikov (NavStar), ki krožijo v vesolju na oddaljenosti 20 000 km nad zemeljskim površjem in sprejemnika na zemlji, ki s postopkom triangulacije določi zemeljske koordinate.



Slika 1. Sistem spremljanja prevozov nevarnih snovi
Figure 1. System for monitoring transportation of dangerous goods

Bazna postaja v CORS

Načelno strukturo bazne postaje v CORS ponazarja slika 4. Osnova je zmogljiv osebni računalnik ali delovna postaja, na katero so priključeni modem za sprejem podatkov o tovoru spremljanega vozila, podatkovni vmesnik, oprema za radijsko komunikacijo z mobilnimi postajami in opcionalno referenčna GPS postaja. V praksi je potrebno strukturo bazne postaje prilagoditi uporabljenemu radijskemu sistemu. Naloga bazne postaje je pozivanje mobilnih postaj in sprejem ter obdelava navigacijskih podatkov. Programska podlaga je program za komunikacijo in geografski informacijski sistem GIS, ki so ga prilagodili za spremljanje prevozov nevarnih snovi na Prometno-tehničnem inštitutu.

GIS omogoča dinamično prikazovanje položajev vozil na računalniškem zaslonu na karti Slovenije v zaželenem merilu.

Poleg tega je možno v obliki barvnih slojev in preglednic predstaviti rezultate študije ogroženosti in ranljivosti okolja za območje, kjer je vozilo ali se je zgodila nesreča in poiskati optimalno pot vozilu z nevarno snovjo. Različni izpisi alarmnih sporočil in hkratna predstavitev podatkov o prevažani snovi in načinih posredovanja ob nesrečah omogočajo operaterju pravočasno in predvsem pravilno ukrepanje tudi v stresnih situacijah.

Načini prenosa navigacijskih podatkov

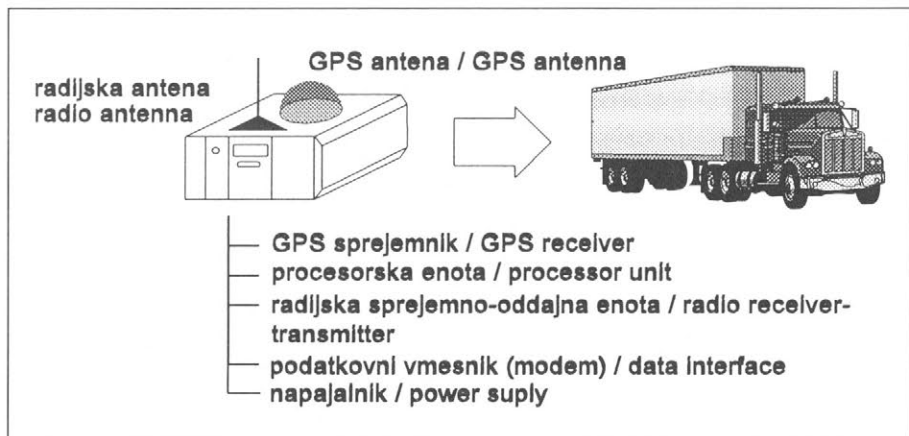
Glavni problem pri gradnji sistema je prenos digitalnih navigacijskih podatkov od mobilnih postaj do bazne postaje v CORS. V ta namen moramo uporabiti radijski sistem, ki mora izpolnjevati naslednje zahteve:

- zagotavljati mora pokritost ozemlja Slovenije z radijskim signalom oziroma zelo dobro pokritost glavnih cestnih komunikacij
- število mobilnih postaj v sistemu je možno poljubno povečevati in sistem funkcionalno širiti

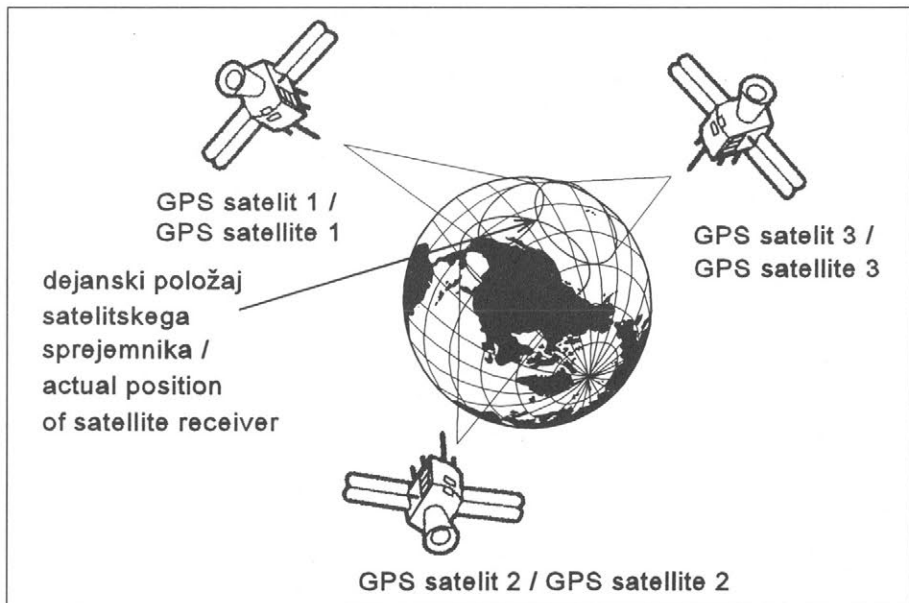
- omogočati mora prenos digitalnih podatkov
- delovanje sistema mora biti avtomatsko brez stalnega posredovanja sistemskega operaterja
- imel naj bi možnost uporabe v druge namene (telemetrija, proženje siren javnega alarmiranja itd.)
- delovati mora zanesljivo 24 ur na dan
- stroški postavitve ali uporabe morajo biti sprejemljivi.

Analiza mobilnih radijskih sistemov, ki jih uporabljajo v tujini za spremljanje vozil, je pokazala, da je verjetno najprimernejši sistem za kontinuiran prenos digitalnih podatkov sistem "trunking", ki omogoča zelo dobro izrabo radijskega frekvenčnega prostora in s tem dodeljenih radijskih kanalov. Prosti kanali se namreč avtomatsko delujejo mobilnim postajam, ki zahtevajo komunikacijo. Najnovejši "trunking" sistemi s TDMA (Time Domain Multiple Access) omogočajo celo več uporabnikom uporabo istega kanala hkrati. Čas vzpostavitve zveze je kratek, zmogljivost sistema pa velika. Ti sistemi so praviloma namenjeni prenosu digitalnih podatkov in so redko povezani s sistemi mobilne telefonije. Trenutno so v Evropi najbolj razširjeni britanski MPT 1327, francoski RADIOCOM in švedski MOBITEX, v Sloveniji pa takega sistema še nimamo.

Za prenos GPS podatkov je možno uporabiti tudi nekatere celične sisteme mobilne telefonije (GSM) ali pa satelitske sisteme (Inmarsat), ki se hitro razvijajo in so že konkurenca zemeljskim sistemom. Njihovi slabosti sta trenutno predvsem velikost in cena neprenosljive terminalne opreme, ki je še vedno visoka.



Slika 2. Mobilna postaja na vozilu
Figure 2. Mobile station on a vehicle



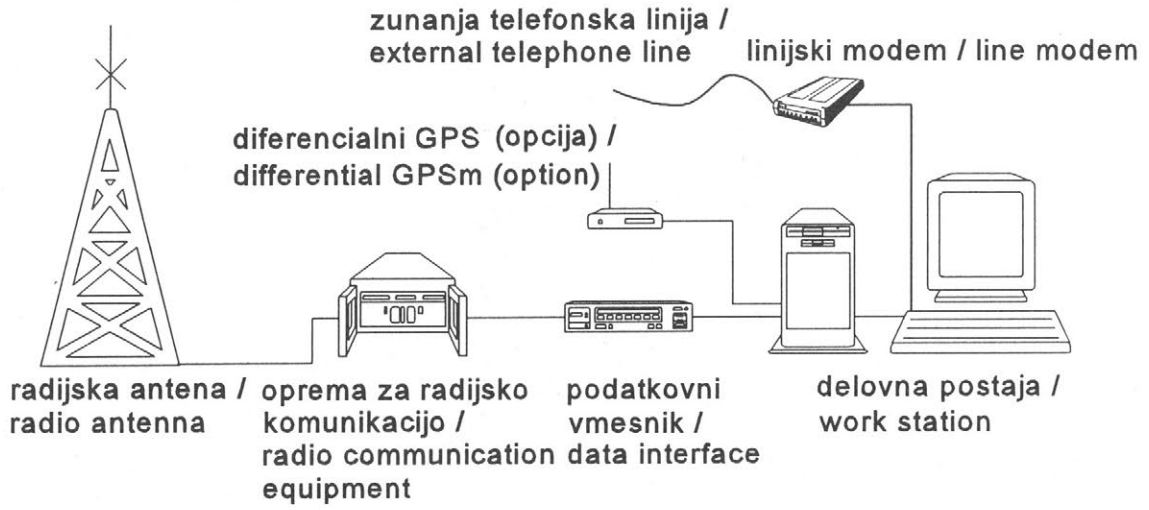
Slika 3. Način določitve koordinat GPS sprejemnika
Figure 3. Method of determining the co-ordinates of the GPS receiver

Testiranje sistema NMT-410 podjetja Mobitel in radijskega sistema ZA-RE za zaščito in reševanje

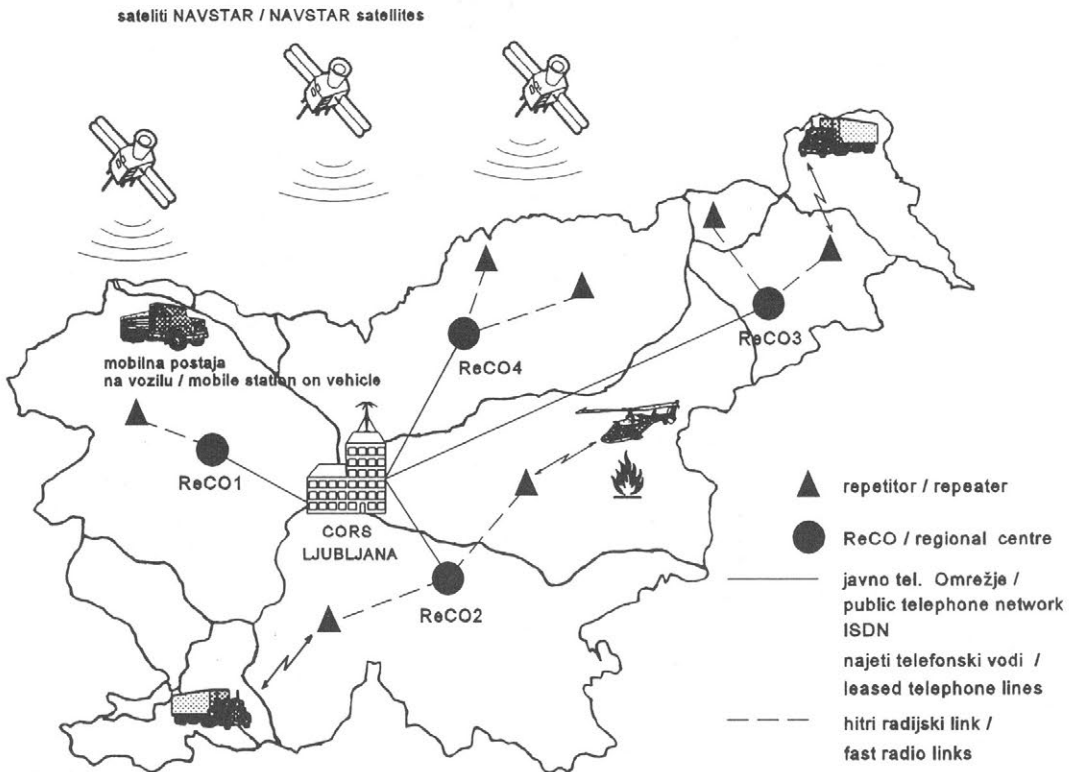
V Sloveniji smo s testnim GPS modulom preizkušali delovanje analognega sistema mobilne telefonije NMT-410 podjetja MOBITEL in radijskega sistema ZA-RE, ki je namenjen zaščiti in reševanju.

Pri prvem smo ugotovili, da ni primeren za avtomatski prenos digitalnih podatkov v vseh pogojih prevozov nevarnih snovi, predvsem na področjih slabše pokritosti z radijskim signalom.

Testiranje sistema ZA-RE na 15. kanalu prek repetitorja na Krimu je pokazalo, da je možno poleg govornih zvez, ki imajo prednost, zadovoljivo hitro in kakovostno pre-



Slika 4. Bazna postaja v CORS
Figure 4. Base station in CORS



Slika 5. Spremljanje vozil prek radijskega sistema ZA-RE
Figure 5. Vehicle location monitoring by means ZA-RE radio system

našati tudi navigacijske podatke. Sistem je regijsko utemeljen, kar pomeni, da vsak posamezen regijski center s svojimi repetitorji pokriva določeno območje z radijskim signalom. Vozila z mobilnimi postajami se premikajo s področja enega centra na območje drugega, zato je treba na prehodih med območji mobilno postajo na starem območju odjaviti, na novem pa prijaviti. To je možno storiti samo s povezavo vseh regijskih centrov s CORS, kar bi tudi omogočilo centralizirano spremljanje vozil po vsej Sloveniji iz CORS. Trenutno bi bilo možno spremljati vozila samo v okviru posameznih regijskih centrov.

Regijske centre je možno povezati s CORS prek javnega telefonskega omrežja, s pomočjo najetih telefonskih vodov, preko omrežja ISDN ali v okviru katerega od bolj zaprtih računalniških omrežij (slika 5). Bazna postaja v CORS mora imeti dostop do omrežja, prek katerega je možno pridobivati podatke iz različnih mednarodnih podatkovnih baz o nevarnih snoveh.

Natančnost sistema

Natančnost koordinat, ki jih izračunava GPS sprejemnik, je v največji meri odvisna od vrste uporabljene satelitske kode. Komercialnim uporabnikom je dovoljena uporaba kode, ki omogoča, da je 95 % izračunanih rezultatov znotraj kroga z radijem 100 m in središčem v dejanski poziciji. Napaka je posledica namerne vnosa motenj, ki jih v svoj oddajni signal vnašajo sateliti zato, da bi zmanjšali natančnost sistema GPS za komercialne uporabnike. Njegovo natančnost je možno povečati tudi za več kot desetkrat z uporabo referenčne GPS postaje, ki se lahko dodatno priključi na računalnik bazne postaje v CORS (slika 4). Referenčno postajo se namesti na točko, katere koordinate so že točno znane. Postaja spremlja vse satelite, ki so trenutno v njenem vidnem polju, in primerja svoje točne koordinate s tistimi, ki jih dobiva prek satelitskih signalov. Na podlagi tega izračuna korekcijske faktorje. Te se upoštevata pri koordinatah, ki jih pošiljajo mobilne postaje. V praksi tako dobimo izračunane rezultate, ki večinoma ležijo znotraj kroga s polmerom 10 m in središčem v dejanski poziciji.

Napaka v izračunu koordinat je v manjši meri odvisna tudi od kakovosti satelitskega sprejemnika, trenutnega položaja satelitov, antene in pojava odbitih satelitskih signalov od objektov v bližini antene, ki lahko ustvarjajo interferenco (multipath interference).

Zmogljivost sistema

Število vozil, ki jih lahko hkrati spremljamo, je odvisno od tega, kako pogosto

želimo pridobivati navigacijske podatke iz mobilnih postaj in od zmogljivosti radijskega sistema za prenos podatkov. Običajno zadostuje, da dobimo sveže podatke na vsakih pet minut, kar pomeni, da vozilo, ki vozi s povprečno hitrostjo 70 km/h, v tem času prevozi približno 6 km. S programsko nastavitvijo je možno čase med GPS podatki zmanjševati, če vozilo pelje po območju, ki nas posebej zanima, ali pa obratno povečevati.

Z uporabo sistema "trunking", ki bi pokrival vso Slovenijo, bi bilo možno spremljati hkrati vsaj 400 vozil na pet minut. Z uporabo sistema ZA-RE bi bilo možno spremljati na pet minut deset vozil na območju enega repetitorja oz. vsaj 300 vozil na območju vse Slovenije v primeru enakomerne porazdelitve vozil po repetitorjih. Upoštevati moramo namreč, da potekajo prek tega sistema predvsem govorne zveze, ki imajo prednost. Z nadgradnjo sistema oz. dodajanjem repetitorjev samo za namene spremljanja, bi lahko spremljali vsaj še enkrat toliko vozil.

Dodatne možnosti uporabe sistema

Na mobilno postajo je možno priključiti različne naprave, instrumente ali senzore, njihove izhodne podatke pa dopolniti z GPS podatki, ki jim dajejo dodatno vrednost. Primer je odkrivanje kontaminiranih območij z radiološkim detektorjem, kjer poleg podatkov o stopnji kontaminacije potrebujemo še točno lokacijo tega območja, vsi ti podatki pa morajo biti sprotno prikazani na zaslonu v CORS. Tako se lahko v helikopterju radiološki detektor priključi na mobilno postajo, ki potem oddaja podatke preko radijskega sistema v pristojni regijski center za obveščanje (ReCO), od tam pa v CORS.

Tudi infrardečo kamero za odkrivanje požarov lahko namestimo na helikopter poleg mobilne postaje. V CORS je možno tako prenesti podatke o lokaciji in obsegu območja, ki ga je zajel požar.

Možnosti uporabe mobilne postaje v povezavi z radijskim sistemom in bazno postajo v CORS so torej zelo različne, predvsem pa realne, kar potrjujejo praktična testiranja, ki smo jih opravili.

Sklep

Največji problem predstavljajo radijske zveze za prenos navigacijskih podatkov. V Sloveniji namreč trenutno ni sistema, ki bi ustrezal vsem naštetim zahtevam. Še najbolj se jim približuje radijski sistem ZA-RE, ki pa bi ga bilo treba delno dopolniti. Naložba v času razvitih telekomunikacij

ne bi bila prevelika. V Sloveniji imamo vse potrebno znanje za dokončno uresničitev projekta spremljanja prevozov nevarnih snovi. Primerjave s sistemi v tujini so pokazale, da bi bili z domačim znanjem in popolno prilagoditvijo sistema slovenskim razmeram in zahtevam stroški zmerni.

1. M. Oshmann, 1996, Differential GPS for land use with RDS, Elektor Electronics, March, 10-11.
2. Valentin Marinko, Boštjan Tavčar, 1995, Sistem radijskih zvez in tihega alarmiranja, UJMA, 9, 257-259.
3. Vojko Robnik, Alojz Habič, 1995, Ocena prometno varnostnih razmer in pravna ureditev na področju prevoza nevarnih snovi, Varnost pri prevozi tovora v cestnem prometu, Portorož, Maj, 13-15.
4. Rockwell International, 1994, The Navcore V GPS Receiver Engine for High-Volume, Januar, 1994.

Miha Ušeničnik

Monitoring the Transport of Hazardous Substances with the GPS Navigation System

The article outlines and presents the results of a study aimed at evaluating the possibilities of building a system for monitoring the transport of hazardous substances in the territory of Slovenia. Some technical solutions are also presented.

The system is based on the use of a GPS satellite receiver located on the vehicle transporting hazardous substances. The receiver obtains data of the current position of the vehicle and transmits them by radio to the Information Center of the Republic of Slovenia (CORS), where the current positions of all monitored vehicles are displayed on monitors.

The most suitable system for the transmission of data from the vehicle to CORS is the ZA-RE radio system, whose regional centres (ReCo) would have to be linked to CORS in order to make the system fully operational for the purpose of monitoring vehicles. This would enable the monitoring of 10 vehicles in the area of every repeater at 5-minute intervals, with the simultaneous availability of voice communication links.